FACTSHEET

CROP DISEASES & PESTS

ORDER NO. 01-023

APRIL 2001

AGDEX 641

Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs

HERBICIDE RESISTANT WEEDS

H. Martin, F. Tardif, G. Ferguson

WHAT IS HERBICIDE RESISTANCE?

Herbicide resistance is the genetic capacity of a weed population to survive a herbicide treatment that, under normal use conditions, would effectively control that weed population. Herbicide resistance is an example of evolution happening at an accelerated pace and an illustration of the "survival of the fittest" principle. A herbicide may kill all the weeds in a population of a particular weed species except for a few individuals with the genetic capacity to survive the herbicide. Herbicide resistant weeds are normally very rare in a weed population. Applying the same herbicide in the same field year after year will select for resistant plants. The resistant weeds set seed and may eventually dominate the population. This population is then not effectively controlled by the selecting herbicide.

Resistant weeds may be resistant to only 1 herbicide group or to 2 or more herbicide groups. Also, resistant weeds may be resistant to 1 herbicide class within a herbicide group or all of the herbicide classes within 1 herbicide group. This is best illustrated with the example below.

If a population of a certain weed species is resistant to Group 2 herbicides (ALS inhibitors) it may be resistant to one, several or all of the herbicides that inhibit ALS (see *Table 3*). This is known as cross–resistance. Multiple resistance is when the weed population is resistant to not only Group 2 herbicides but is also resistant to Group 5 (triazines) herbicides. To control this population of weeds it would be necessary to select herbicides that are not included in Group 2 or in Group 5 (see *Table 3*).

Example

A pigweed population resistant to atrazine may also be resistant to metribuzin (Sencor/Lexone) and simazine (Princep/Simadex) (cross–resistance). If the same pigweed population is resistant to imazethapyr (Pursuit — Group 2) it has multiple–resistance. [This weed population may also be resistant to thifensulfuron-methyl (Pinnacle), nicosulfuron or rimsulfuron (Accent, Ultim, Elim) or other Group 2 herbicides (cross–resistance).] However, herbicides from groups other than Group 5 and Group 2, such as dicamba (Banvel, in Group 4) or bromoxynil (Pardner, in Group 6), will be as effective at controlling this population of weeds as they are at controlling other susceptible populations of the same weed species. Some herbicide products combine more than one active ingredient (from different groups) as a strategy to delay resistance and to control resistant weeds (for example: Broadstrike Dual Magnum, Fieldstar, PeakPlus, Summit).

In Ontario, pigweed that are resistant to both triazine (Group 5 — examples: atrazine, metribuzin) and to ALS herbicides (Group 2 — examples: Pursuit, Classic, Pinnacle) have been identified. Some populations of ryegrass in Australia are resistant to up to 10 different chemical groups. Multiple resistance significantly reduces the options farmers have for the control of these weeds.

Multiple-resistance can appear after sequential selection. Green foxtail from Manitoba is an example of sequential selection. Initially this weed developed resistance to Treflan. Treflan resistance prompted farmers to use postemergence grass herbicides (Group 1) as an alternative. After 4–5 years of post–emergence grass herbicide applications, some foxtail populations became resistant to these types of herbicides. The result was green foxtail resistant to both Group 3 and Group 1 herbicides.

HOW DOES RESISTANCE DEVELOP?

Worldwide there were more than 249 herbicide resistant weedy biotypes in 47 countries. These numbers grow annually with new reports of new resistant weeds. Some management practices increase the likelihood of developing herbicide resistant weeds.

- Resistance is more likely to occur when the same herbicide, or herbicides from the same groups, are used repeatedly.
- Monoculture often encourages the use of the same herbicide.
- Resistance is most likely to develop in annual weed species since they produce high numbers of seeds (pigweed, lamb's-quarters and foxtail are good examples of these types of weeds).

- Resistance frequently occurs to herbicides with the greatest efficacy on a specific weed species. This is because they impose intense selection on the weed species they are very effective in controlling. The result is only the resistant individuals are allowed to pass their genes to the next generation.

HOW DO YOU PREVENT RESISTANCE?

Resistance management involves preplanning your weed control program. Strategies include the following:

- use herbicides only when necessary
- use the recommended rate
- use herbicide mixtures that include 2 or more herbicide groups
- rotate herbicides between herbicide groups

Herbicide mixtures and herbicide rotation strategies work on the premise that if a weed carries the genes to resist 1 group of herbicides, an alternate herbicide group will kill it. The difference between the 2 approaches is that herbicide mixtures kill the resistant weed using many active ingredients in the same season. Rotating herbicides controls the resistant weeds in the years when effective herbicide groups are used with the goal of reducing the resistant weed population.

Not only must mixtures contain herbicides from different groups, but also each herbicide in the mixture must be acting on the same weed species to effectively provide multiple modes of action. This means that a mixture of a grass and broadleaf herbicide may make sense in terms of overall weed control, but it may not be effective as a resistance management tool. Some herbicides are a premix of several herbicide groups, in other cases it is up to the farmer and their advisors to select the best tank mix of products to provide an affective weed resistance management strategy.

For these tactics to be effective it is important to select herbicides with different plant-killing modes of action. *Table 3* lists common herbicides used in Ontario grouped by their mode of action and gives each group a unique number. This number system is the same across North America. This list is used to help you select products from different groups for use in rotations or mixtures.

A SELF TEST

- Pick any one of your fields and fill out the crop rotation and herbicide use history report below, *Table 1*.
- Determine which herbicide groups were used in each year using *Table 3*.
- Compare the group numbers from 1 year to the next. More frequent use of the same herbicide group may put your fields at higher risk of developing herbicide resistant weed populations. Some herbicides control weeds by attacking a single site of action, such as Group 2, and may develop resistance after being used 4–7 times. Others such as Group 5 do not seem to develop resistance until 10–15 years of repeated use.
- Include the next 2 years of your proposed crop rotation. This allows you to evaluate future herbicide programs for resistance management, as well as for soil residues and cropping restrictions.

TABLE 1. Crop History for Field

Year	Crop	Herbicide	Group #
example 1	**soybeans**	**Pursuit plus Basagran**	**2 and 6**
example 2	**corn**	**Marksman**	**4 and 5**
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000			
2001			
2002			
2003			

WEEDS THAT ARE CURRENTLY RESISTANT

The following are examples of herbicide resistant weeds that are known to exist in Ontario. In each case, growers have learned how to adapt their weed management programs to include the resistant weed biotypes.

TABLE 2. Herbicide Resistant Weeds in Ontario

Herbicide	Weed species	Comments
2,4-D (Group 4)	wild carrot	Species variability creating tolerance and resistance were found and reported in 1956 and re-confirmed in 1998.
atrazine (Group 5)	common lamb's quarters	First confirmed in 1974 and now found in most counties of southern Ontario. Field histories in where triazine resistant weeds have been found generally indicated at least 6-10 consecutive years of triazine herbicide use.
atrazine (Group 5)	green pigweed (also known as Powell's amaranth), red root pigweed, common ragweed,	These were confirmed in the late 1970's and are now found in numerous locations across the province. Resistant pigweed occurrences are not as prevalent as lamb's-quarters but in areas where they occur they can have similar populations. Resistant common ragweed is more localized but known to occur in several areas of the province.
atrazine (Group 5)	barnyard grass, yellow foxtail, old witch grass	Each confirmed in 1981, each species has been found in localized areas of southern Ontario. Distribution is not wide spread despite each being found nearly 20 years ago.
atrazine (Group 5)	late flowering goosefoot, wild mustard, common groundsel	Each species was found in the 1980's in localized areas of southern Ontario
paraquat (Group 22)	Canada fleabane (also known as mare's-tail)	First found in 1995 in two orchards in southwestern Ontario. Very localized
ALS (Group 2)	red root pigweed, green pigweed (also known as Powell's amaranth)	First confirmed in 1997, resistant pigweed are now found in at least 8 counties. • Field histories indicated 3–5 years using Group 2 herbicides, not necessarily in consecutive years. • Not all populations are equally cross-resistant to all Group 2 herbicides; however, it is not possible to predict to which Group 2 herbicides a population is resistant to without trial and error. It is prudent to expect less than satisfactory control from most Group 2 herbicides and have alternative treatments in your herbicide program. • At least one population of Group 2 resistant pigweed is multiple-resistant to Group 5 (atrazine) herbicides. Eastern black nightshade was confirmed in 2000 and found to be resistant to imazethapyr and possibly to other group 2 herbicides
linuron (Group 7)	green pigweed (also known as Powell's amaranth)	First confirmed in 1999 after a long history of linuron use in carrot crops, it is believed to be localized.

TABLE 3: Herbicide Groupings in Ontario

The group numbers involved follows products with two or more sites of action.

Group	Site of Action	Single modes of action (alphabetic order)	Two or more modes of action
1	Inhibitors of acetyl CoA carboxylase; ACCase*	Acclaim Super, Achieve, Assure II, Excel Super, Fusilade II, Hoe-grass, Poast Ultra, Select, Venture	
2	Inhibitors of acetolactate synthase (ALS) and also called acetohydroxyacid synthase (AHAS)	Accent, Arsenal, Classic, Elim EP, First Rate, Muster, Pinnacle, Prism, Pursuit, Refine Extra, Reliance STS, Telar, Ultim, Upbeet	Broadstrike Dual Magnum(2,15), Broadstrike Treflan(2,3), Clean Sweep(2,6), Conquest(2,5), Fieldstar(2,4), Meridian Plus(2,6), Patriot(2,5), PeakPlus(2,4), Striker(2,4,4), Summit(2,4), Ultimax(2,4), Valor(2,3), Viper(2,14)
3	Microtubule assembly inhibitors	Edge, Bonanza, Dimension, Prowl, Rival, Treflan	Broadstrike Treflan(2,3), Valor(2,3)
4	Synthetic auxins	Banvel II, Caliber, Cobutox, Compitox, Covitox Plus, Dichlorprop-D, Diphenoprop, Dycleer, Dyvel, Embutox, Estaprop, Estasol, Estamine 2,4-D, Garlon 4, Kil-Mor, Killex, Lontrel, MCPA, Mecoprop, Savage 'Mecoprop Plus 2,4-D, Mecoturf Plus 2,4-D, Meco-D, Par III, Premium 3-Way, Release, Target, Tordon 101 mix, Tricep, Turf Herbicide, Turf-Rite 2+2, Turboprop, Weedone CB	Buctril M(4,6), Calmix Pellets(4,5), Distinct(4,19), Fieldstar(2,4), Marksman(4,5), PeakPlus(2,4), Shotgun(4,5), Stampede CM(4,7), Striker(2,4,4), Summit(2,4), Ultimax(2,4)
5	Inhibitors of photosynthesis at photosystem II, Site A	Aatrex, Atrazine, Betamix, Betanex, Bladex, Gesagard, Hyvar X, Lexone, Princep Nine-T, Pronone, Pyramin, Sencor, Simadex, Simazine, Sinbar, Spin-Aid , Velpar	Axiom(5,15), Boundary(5,15), Calmix Pellets(4,5), Conquest(2,5), Converge(5,28), Krovar(5,7), Laddok(5,6), Marksman(4,5), Patriot(2,5), Primextra II Magnum (5,15), Shotgun(4,5)
6	Inhibitors of photosynthesis at photosystem II, Site A	Basagran, Basagran Forté, Lentagran, Pardner	Clean Sweep(2,6), Buctril M(4,6), Laddok(5,6), Meridian Plus(2,6),
7	Inhibitors of photosynthesis at photosystem II, Site B	Afesin, Afolan, Herbec 20P, Karmex, Linuron, Lorox, Patoran,	Krovar(5,7), Stampede CM(4,7)
8	Conjugation of acetyl co-enzyme A	Avadex, Avenge, Betasan, Eradicane, Eptam, Ro-Neet	
9	Inhibitors of 5-enolpyruvylshikimimate-3-phosphate synthase (EPSP)	Clear-It, Credit, Expedite Grass & Weed, E-Z-Ject, Glyfos, Laredo, Maverick, Renegade, Roundup, Touchdown, Vantage, Vision, Wrangler	Roundup Fast Forward (9,10),
10	Inhibitors of glutamine synthetase	Ignite, Liberty	Roundup Fast Forward (9,10)
11	Inhibitors of carotenoid biosynthesis	Amitrol	
14	Inhibitors of protoporphyrinogen oxidase (PPO)	Blazer, Goal, Reflex, Ronstar	
15	Conjugation of acetyl co-enzyme A	Devrinol, Dual Magnum, Dual II Magnum, Frontier	Axiom(5,15), Boundary(5,15), Broadstrike Dual Magnum(2,15), Primextra II Magnum(5,15)

19	Inhibitors of auxin transport system	Alanap	Distinct(4,19)
20	Inhibits cell wall synthesis, Site A	Casoron	
22	Photo system I - electron diverters	Gramoxone, Reglone, Reward, Weed & Grass Killer	Terraklene(5,22)
23	Inhibitors of mitosis	CIPC	
27	others	Basamid, Krenite, Vapam	
28	Inhibitors of p-hydroxyphenyl pyruvate dioxygenase (HPPD)		Converge(5,28)

Herbicide groupings for Ontario follow the Weed Science Society of America's nationally accepted grouping. Since groups 12, 13, 16, 17, 18, 21, 24, 25 and 26 are not available in Ontario, they have been removed to simplify the chart.
From Table 3 in OMAFRA Publication 75, *Guide to Weed Control*

WHAT TO DO IF YOU FIND A RESISTANT WEED POPULATION?

Before declaring the weed resistant make sure that other explanations for weed escapes and misses are investigated. Weeds that emerge after application with non-residual herbicides can confuse the diagnosis. Some species are naturally more tolerant to some herbicides. Improper equipment setup, poor spray pattern, canopy penetration, improper weed stage or weather issues can all lead to misses that can be misdiagnosed as weed resistance.

When you do find resistance, the immediate answer is to use an alternative herbicide for which there is no resistance. This may mean adding another different herbicide to the spray tank, making a second pass with an alternative product, or switching to a completely different herbicide program. The main concern with these responses to controlling a resistant weed population is that they may lead to multiple resistance — as happened in Ontario with pigweed and Manitoba with green foxtail.

Resistance is a consequence of relying too much on herbicides for weed control. Changing herbicides may not be viable in the long term if there is no change in the way weeds are managed globally. Resistance management depends on many factors such as the herbicide choice, the types of crops and the type of weed infestations.

When you have resistance, what do you do about it? If you don't have resistance, how do you prevent it? For the most part the answers to both questions are the same. Here are some ideas on managing weed resistance.

- Avoid using the same herbicide or herbicides from the same grouping in the same field, in consecutive years.
- Do not use the same mode of action more than once per season. (Rescue sprays should be from a different herbicide group.
- Use tank mixes where 2 or more products give effective control against the target weed, and the products are from different mode of action groupings.
- Use crop rotation, changing herbicides is not enough. Different crops allow for a broader spectrum of herbicide and tillage options to control weeds. Some crops are more aggressive than others in competing against weeds.
- Manage weed escapes effectively. Note trends, successes, and failures.
- Use clean seed. Clean equipment when moving field to field.
- Where possible use cultivation, cover crops, or other practices to reduce viable weed seeds in the soil.

INTEGRATED WEED MANAGEMENT IS RESISTANCE MANAGEMENT

Resistance delaying tactics such as mixtures and rotations are most useful if they are made part of an Integrated Weed Management (IWM) system. An IWM approach combines all available weed control tools in the best possible way to manage weed populations while maintaining economic crop production. In IWM, cultural and mechanical weed control methods are complemented with chemical weed control.

Mechanical weed control may include inter-row cultivation or other forms of tillage. Cultural control may be an important part of reducing the over reliance on herbicides. This includes using varieties or hybrids that are more competitive, seeding in narrow rows or planting cover crops. Rotation is a part of crop management that may help considerably in preventing resistance. Adding wheat to a corn/soybean rotation can increase the opportunity to challenge weeds. Having a crop that is planted at a different time and that is subject to totally different management than corn and soybeans may have the effect of destabilizing the

weed populations. Weeds have a harder time to adapt when management practices are changing.

THE BOTTOM LINE

Herbicides are very important tools for weed management Herbicides provide efficient and cost effective weed control and should be seen as resources that need to be protected. If they are overused, resistance will make them obsolete. This is especially important with the Group 2 herbicides because of their many desirable features such as low use rates, low toxicity and high weed control efficacy. By adopting an IWM approach, herbicides along with other methods of control contribute to weed management. This may reduce the selection pressure herbicides apply to resistant weeds.

FOR MORE INFORMATION

- International Survey of Herbicide-Resistant Weeds maintained by Dr. Ian Heap. http://www.weedscience.com/
- Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) http://plantprotection.org/HRAC/
- Weed Science Society of America (WSSA) http://ext.agn.uiuc.edu/wssa/index.html

This Factsheet was written by by **Hugh Martin**, OMAFRA, Weed Management Specialist, **François Tardif**, University of Guelph, Dept of Plant Agriculture. and **Gabrielle Ferguson**, GABE Consulting

FOR YOUR NOTES

POD
ISSN 1198-712X
Également disponible en français
(commande n° 01-024)

FICHE TECHNIQUE

ENNEMIS DES CULTURES

COMMANDE N° 01-024

AVRIL 2001

AGDEX 641

Ontario

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

LA RÉSISTANCE DES MAUVAISES HERBES AUX HERBICIDES

H. Martin, F. Tardif, G. Ferguson

QU'EST-CE QUE LA RÉSISTANCE AUX HERBICIDES?

La résistance à un herbicide traduit la capacité qu'a un peuplement de mauvaises herbes de survivre à un traitement herbicide qui, sous des conditions d'utilisation normales, réussirait à le maîtriser efficacement. La résistance aux herbicides est un exemple d'évolution à un rythme accéléré et illustre le principe de la « loi du plus fort ». Un herbicide peut détruire toutes les mauvaises d'un peuplement d'une espèce en particulier, à l'exception de quelques spécimens ayant le potentiel génétique de survivre à l'herbicide. Les mauvaises herbes résistantes aux herbicides sont normalement très rares dans un peuplement. Le fait d'appliquer le même herbicide, dans le même champ, année après année, conduit à une sélection qui ne laisse que des plants résistants. Les mauvaises herbes résistantes montent à graines et dominent tôt ou tard le peuplement. Celui-ci n'est par la suite plus maîtrisé efficacement par l'herbicide responsable de la sélection.

Les mauvaises herbes résistantes peuvent l'être à seulement un groupe d'herbicides, mais aussi à deux groupes et même davantage. Elles peuvent aussi être résistantes à une catégorie d'herbicides au sein d'un groupe ou à toutes les catégories d'herbicides au sein du même groupe. L'exemple qui suit illustre cette situation.

Un peuplement d'une certaine espèce de mauvaises herbes résistant aux herbicides du groupe 2 (inhibiteurs de l'acétolactate synthase [ALS]) peut être résistant à un, à plusieurs ou à la totalité des herbicides qui inhibent l'ALS (voir le *tableau 3*); on parle dans ce cas de résistance croisée. On parle de multirésistance lorsque le peuplement de mauvaises herbes est résistant non seulement aux herbicides du groupe 2, mais aussi aux herbicides du groupe 5 (triazines). Pour maîtriser ce peuplement, il faudrait choisir des herbicides qui n'appartiennent ni au groupe 2, ni au groupe 5 (voir le *tableau 3*).

Exemple

Un peuplement d'amarantes résistant à l'atrazine peut également être résistant à la métribuzine (Sencor ou Lexone) ainsi qu'à la simazine (Princep ou Simadex) (résistance croisée). Si le même peuplement d'amarantes est résistant à l'imazéthapyr (Pursuit du groupe 2), il affiche une multirésistance. (Ce peuplement de mauvaises herbes peut aussi être résistant au thifensulfuron-méthyl [Pinnacle], au nicosulfuron ou au rimsulfuron [Accent, Ultim, Elim] ou à d'autres herbicides du groupe 2 [résistance croisée]). Toutefois, les herbicides d'autres groupes que les groupes 5 et 2, tel le dicamba (Banvel, du groupe 4) ou le bromoxynil (Pardner du groupe 6) permettront de maîtriser ce peuplement de mauvaise herbe tout aussi efficacement que s'il s'agissait d'un peuplement sensible de la même espèce de mauvaise herbe. Certains produits herbicides combinent plus d'un ingrédient actif (de différents groupes) et offrent la possibilité de retarder l'apparition d'une souche résistante et d'assurer la maîtrise des mauvaises herbes résistantes (Broadstrike, Dual Magnum, Fieldstar, Peakplus et Summit en sont des exemples).

En Ontario, on a identifié des amarantes qui sont résistantes à la fois aux triazines (herbicides du groupe 5, comme l'atrazine et la métribuzine) et aux inhibiteurs de l'ALS (herbicides du groupe 2, comme Pursuit, Classic et Pinnacle). En Australie, on compte jusqu'à 10 le nombre de groupes chimiques auxquels certains peuplements de ray-grass sont résistants. La multirésistance réduit considérablement les choix qui s'offrent aux agriculteurs pour combattre ces mauvaises herbes.

Une multirésistance peut apparaître après une sélection séquentielle. La sétaire verte au Manitoba est un bon exemple de sélection séquentielle. Au départ, cette mauvaise herbe a développé une résistance au Treflan. Cette résistance a incité les agriculteurs à utiliser des anti-graminées de post-levée (groupe 1) comme solution de rechange. Après 4–5 années de traitements avec des anti-graminées de post-

levée, certains peuplements de sétaire sont devenus résistants à ces types d'herbicides. Ainsi, la sétaire verte est devenue résistante à la fois aux herbicides du groupe 3 et à ceux du groupe 1.

COMMENT LA RÉSISTANCE SE DÉVELOPPE-T-ELLE?

On a recensé dans 47 pays du monde plus de 249 biotypes de mauvaises herbes résistantes à des herbicides. Ce chiffre gonfle d'année en année, à mesure que de nouveaux cas de résistance sont signalés. Certaines pratiques de gestion augmentent la probabilité que des mauvaises herbes développent une résistance.

- La résistance risque davantage d'apparaître lorsque le même herbicide ou des herbicides appartenant aux mêmes groupes sont utilisés à répétition.

- La monoculture encourage souvent l'utilisation du même herbicide.

- La résistance risque davantage de se manifester parmi les espèces de mauvaises herbes annuelles, du fait qu'elles produisent un grand nombre de graines (les amarantes, le chénopode blanc et les sétaires en sont de bons exemples).

- La résistance se manifeste souvent à l'égard des herbicides qui sont les plus efficaces à combattre certaines espèces de mauvaises herbes. Ce phénomène s'explique par la sélection intense que ces herbicides imposent sur les espèces qu'ils sont très efficaces à combattre. Ainsi, seuls les spécimens résistants voient leurs gènes transférés d'une génération à l'autre.

COMMENT PRÉVENIR LA RÉSISTANCE?

La gestion de la résistance repose sur la planification du programme de lutte contre les mauvaises herbes. Voici des stratégies qui portent fruit :

- ne recourir aux herbicides qu'au besoin;
- employer la dose recommandée;
- utiliser des mélanges à base d'herbicides appartenant à au moins 2 groupes différents;
- pratiquer une rotation entre les groupes d'herbicides.

L'efficacité des stratégies qui consistent à utiliser des mélanges et à pratiquer la rotation des herbicides tient au fait que si une mauvaise herbe possède des gènes de résistance à un groupe d'herbicides, l'herbicide de l'autre groupe compris dans le mélange parviendra à l'enrayer. La grande différence entre ces deux stratégies est que, dans le cas des mélanges d'herbicides, ceux-ci tuent la mauvaise herbe résistante par le concours de nombreux ingrédients actifs employés durant la même saison, tandis que, dans le cas de la rotation des herbicides, les mauvaises herbes résistantes sont tenues en échec les années où les groupes d'herbicides efficaces sont employés.

Non seulement les mélanges doivent-ils renfermer des herbicides de groupes différents, mais encore faut-il, si l'on veut compter sur plus d'un mode d'action, que chaque herbicide compris dans le mélange soit efficace à combattre la même espèce de mauvaises herbes. Cela signifie qu'un mélange d'anti-graminées et d'anti-dicotylédones peut donner globalement une bonne maîtrise des mauvaises herbes, sans toutefois constituer un mode de lutte efficace contre la résistance. Il est possible d'acheter des prémélanges renfermant des herbicides de plusieurs groupes. L'agriculteur ou ses conseillers peuvent aussi appliquer une stratégie de gestion de la résistance en choisissant les produits qu'ils jugent les plus efficaces et en les mélangeant dans la cuve du pulvérisateur.

Pour que ces mesures soient efficaces, il est important de choisir des herbicides qui ont des modes d'action différents. Le *tableau 3* dresse la liste des herbicides couramment utilisés en Ontario. Cette liste groupe les herbicides selon leur mode d'action et en indique le numéro de groupe. La numérotation des groupes est la même à la grandeur de l'Amérique du Nord. Cette liste est utile quand vient le temps de choisir des herbicides appartenant à des groupes différents, afin de les inclure dans des rotations d'herbicides ou dans des mélanges.

AUTOVÉRIFICATION

- Pour l'un ou l'autre de vos champs, noter dans le *tableau 1*, en regard de chaque année, les cultures inscrites dans la rotation et les herbicides utilisées.

- Déterminer à l'aide du *tableau 3* à quel groupe appartenaient les herbicides employés chaque année.

- Comparer les numéros des groupes employés d'une année à l'autre. L'utilisation plus fréquente du même groupe d'herbicides peut se traduire par un risque accru d'apparition d'une résistance dans un champ. Certains herbicides maîtrisent les mauvaises herbes en s'attaquant à un seul site d'action (c'est le cas des herbicides du groupe 2) et risquent de donner lieu à l'apparition d'une résistance après avoir été utilisés 4–7 fois. D'autres herbicides, comme ceux du groupe 5, ne semblent donner lieu à l'apparition d'une résistance qu'après 10–15 années d'utilisation répétée.

- Inclure les 2 prochaines années de votre programme de rotation des cultures, afin d'être en mesure d'évaluer les programmes d'herbicides eu égard à la gestion de la résistance et eu égard également aux restrictions liées aux résidus dans le sol et aux cultures.

TABLEAU 1. Antécédents culturaux relatifs au champ

Année	Culture	Herbicide	Groupe
exemple 1	**soya**	**Pursuit plus Basagran**	**2 et 6**
exemple 2	**maïs**	**Marksman**	**4 et 5**
1994			
1995			
1996			
1997			
1998			
1999			
2000			
2001			
2002			
2003			

MAUVAISES HERBES AFFICHANT DÉJÀ UNE RÉSISTANCE

Voici des exemples de mauvaises herbes dont on sait qu'il existe des souches résistantes en Ontario. Dans chacun des cas, les producteurs ont appris à adapter les programmes de lutte contre les mauvaises herbes, afin qu'ils s'attaquent aussi aux biotypes résistants.

TABLEAU 2. Mauvaises herbes résistantes aux herbicides en Ontario

Herbicide	Espèces de mauvaise herbe	Commentaires
2,4-D (groupe 4)	carotte sauvage	Une variabilité au niveau de l'espèce créant tantôt une tolérance, tantôt une résistance a été découverte et signalée en 1956, puis à nouveau confirmée en 1998.
atrazine (groupe 5)	chénopode blanc	D'abord confirmée en 1974, la résistance est maintenant observée dans la plupart des comtés du sud de l'Ontario. Les antécédents culturaux des champs où des mauvaises herbes résistantes aux triazines ont été découvertes révèlent généralement que des herbicides à base de triazines ont été utilisés pendant 6-10 années consécutives.
atrazine (groupe 5)	amarante de Powell, amarante réfléchie et herbes à poux	Ces mauvaises herbes résistantes ont été confirmées vers la fin des années 1970 et sont maintenant disséminées en maints endroits de la province. Les souches d'amarantes résistantes ne sont pas aussi fréquentes que celles du chénopode blanc, mais, là où on en trouve, les peuplements sont comparables. Les herbes à poux résistantes sont plus localisées, mais on en trouve dans plusieurs régions de la province.
atrazine (groupe 5)	pied-de-coq, sétaire glauque, panic capillaire	Toutes confirmées en 1981, les souches résistantes de ces mauvaises herbes se trouvent dans des régions circonscrites du sud de l'Ontario. L'aire de répartition n'est pas très étendue en dépit du fait que la résistance a été découverte il y a près de 20 ans.
atrazine (groupe 5)	ansérine à floraison tardive, moutarde des champs, séneçon	Des souches résistantes de chacune de ces espèces ont été trouvées en 1980 dans des zones circonscrites du sud de l'Ontario.
paraquat (groupe 22)	vergerette du Canada	D'abord trouvées en 1995 dans deux vergers du sud-ouest de l'Ontario, les souches résistantes sont très localisées.

TABLEAU 2. Mauvaises herbes résistantes aux herbicides en Ontario (suite)

Herbicide	Espèces de mauvaise herbe	Commentaires
inhibiteurs de l'ALS (groupe 2)	amarante réfléchie, amarante de Powell	D'abord confirmées en 1997, des souches résistantes d'amarantes se trouvent maintenant dans au moins 8 comtés. • Les antécédents culturaux indiquent que des herbicides du groupe 2 ont été utilisés pendant 3–5 années, qui n'étaient pas nécessairement consécutives. • Les peuplements n'affichent pas tous la même résistance croisée à tous les herbicides du groupe 2; toutefois, on ne peut prédire à quels herbicides du groupe 2 un peuplement sera résistant sans procéder par essais et erreurs. Il est raisonnable de s'attendre à ce que la plupart des herbicides du groupe 2 donnent des résultats moins que satisfaisants et qu'il faille inclure dans le programme d'herbicides des traitements de rechange. • Au moins un peuplement d'amarantes résistantes aux herbicides du groupe 2 affiche une multirésistance aux herbicides du groupe 5 (atrazine). Des souches résistantes de la morelle noire de l'Est ont été confirmées en 2000 et trouvées résistantes à l'imazéthapyr et peut-être même à d'autres herbicides du groupe 2.
linuron (groupe 7)	amarante de Powell	D'abord confirmées en 1999 après une utilisation prolongée du linuron dans les cultures de carottes, les souches résistantes seraient localisées.

TABLEAU 3. Classement des herbicides utilisés en Ontario

Les produits ayant plus d'un site d'action sont suivis de numéros représentant les groupes auxquels ils appartiennent.

Groupe	Site d'action	Produits à mode d'action unique (par ordre alphabétique)	Produits à plusieurs modes d'action (par ordre alphabétique)
1	Inhibiteurs de la carboxylase acétyl-CoA; ACCase*	Acclaim Super, Achieve, Assure II, Excel Super, Fusilade II, Hoe-grass, Poast Ultra, Select, Venture	
2	Inhibiteurs de l'acétolactate synthase (ALS) aussi appelée acétohydroxyacide synthase (AHAS)	Accent, Arsenal, Classic, Elim EP, First Rate, Muster, Pinnacle, Prism, Pursuit, Refine Extra, Reliance STS, Telar, Ultim, Upbeet	Broadstrike Dual Magnum (2, 15), Broadstrike Treflan (2, 3), Clean Sweep (2, 6), Conquest (2, 5), Fieldstar (2, 4), Meridian Plus (2, 6), Patriot (2, 5), PeakPlus (2, 4), Striker (2, 4), Summit (2, 4), Ultimax (2, 4), Valor (2, 3), Viper (2, 14)
3	Inhibiteurs de l'assemblage des microtubules	Edge, Bonanza, Dimension, Prowl, Rival, Treflan	Broadstrike Treflan (2, 3), Valor (2, 3)
4	Auxines synthétiques	Banvel II, Caliber, Cobutox, Compitox, Covitox Plus, Dichlorprop-D, Diphenoprop, Dycleer, Dyvel, Embutox, Estaprop, Estasol, Estamine 2,4-D, Garlon 4, Kil-Mor, Killex, Lontrel, MCPA, Mecoprop, Savage Mecoprop Plus 2,4-D, Mecoturf Plus 2,4-D, Meco-D, Par III, Premium 3-Way, Release, Target, Tordon 101 mix, Tricep, Turf Herbicide, Turf-Rite 2+2, Turboprop, Weedone CB	Buctril M (4, 6), Calmix Pellets (4, 5), Distinct (4, 19), Fieldstar (2, 4), Marksman (4, 5), PeakPlus (2, 4), Shotgun (4, 5), Stampede CM (4, 7), Striker (2, 4), Summit (2, 4), Ultimax (2, 4)
5	Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, Site A	Aatrex, Atrazine, Betamix, Betanex, Bladex, Gesagard, Hyvar X, Lexone, Princep Nine-T, Pronone, Pyramin, Sencor, Simadex, Simazine, Sinbar, Spin-Aid , Velpar	Axiom (5, 15), Boundary (5, 15), Calmix Pellets (4, 5), Conquest (2, 5), Converge (5, 28), Krovar (5, 7), Laddok (5, 6), Marksman (4, 5), Patriot (2, 5), Primextra II Magnum (5, 15), Shotgun (4, 5)

TABLEAU 3. Classement des herbicides utilisés en Ontario (suite)

Les produits ayant plus d'un site d'action sont suivis de numéros représentant les groupes auxquels ils appartiennent.

Groupe	Site d'action	Produits à mode d'action unique (par ordre alphabétique)	Produits à plusieurs modes d'action (par ordre alphabétique)
6	Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, Site A	Basagran, Basagran Forté, Lentagran, Pardner	Clean Sweep (2, 6), Buctril M (4, 6), Laddok (5, 6), Meridian Plus (2, 6),
7	Inhibiteurs de la photosynthèse au niveau du photosystème II, Site B	Afesin, Afolan, Herbec 20P, Karmex, Linuron, Lorox, Patoran	Krovar (5, 7), Stampede CM (4, 7)
8	Conjugaison de la coenzyme acétyle A	Avadex, Avenge, Betasan, Eradicane, Eptam, Ro-Neet	
9	Inhibiteurs de 5-enolpyruvylshikimimate-3-phosphate synthase (EPSP)	Clear-It, Credit, Expedite Grass & Weed, E-Z-Ject, Glyfos, Laredo, Maverick, Renegade, Roundup, Touchdown, Vantage, Vision, Wrangler	Roundup Fast Forward (9, 10)
10	Inhibiteurs de la glutamine synthétase	Ignite, Liberty	Roundup Fast Forward (9, 10)
11	Inhibiteurs de la biosynthèse des caroténoïdes	Amitrol	
14	Inhibiteurs de la protoporphyrinogène oxydase (PPO)	Blazer, Goal, Reflex, Ronstar	
15	Conjugaison de la coenzyme acétyle A	Devrinol, Dual Magnum, Dual II Magnum, Frontier	Axiom (5, 15), Boundary (5, 15), Broadstrike Dual Magnum (2, 15), Primextra II Magnum (5, 15)
19	Inhibiteurs du mode de transport de l'auxine	Alanap	Distinct (4, 19)
20	Inhibiteurs de la synthèse des parois cellulaires, site A	Casoron	
22	Photosystème I — diffraction des électrons	Gramoxone, Reglone, Reward, Weed & Grass Killer	Terraklene (5, 22)
23	Inhibiteurs de la mitose	CIPC	
27	Autres	Basamide, Krenite, Vapam	
28	Inhibiteurs de la dioxygénase du pyruvate de p-hydroxyphényle (HPPD)		Converge (5, 28)

Le classement des herbicides utilisés en Ontario reprend le classement accepté à l'échelle nationale de la Weed Science Society of America. Les groupes 12, 13, 16, 17, 18, 21, 24, 25 et 26 n'étant pas offerts en Ontario, on les a enlevés du tableau.
Données tirées du tableau 3 de la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.

QUE FAIRE DEVANT UN PEUPLEMENT DE MAUVAISES HERBES RÉSISTANTES?

Avant de conclure à l'apparition d'une souche résistante, s'assurer d'exclure toutes les autres explications possibles des échappées de mauvaises herbes et des zones non maîtrisées. Les mauvaises herbes qui lèvent après un traitement herbicide sans effet rémanent peuvent brouiller le diagnostic. Il y a aussi des espèces qui sont naturellement plus tolérantes à certains herbicides. Un mauvais réglage du matériel, une forme de dispersion du jet qui laisse à désirer, la bouillie qui pénètre peu dans le feuillage, un traitement effectué au mauvais stade de croissance ou sous des conditions météorologiques non souhaitables sont autant de facteurs qui peuvent laisser croire à tort à une résistance.

Par contre, si on diagnostique réellement une résistance, il convient d'opter dès lors pour un herbicide de rechange auquel la mauvaise herbe combattue n'est pas résistante. Il peut s'agir d'ajouter dans le mélange en cuve un herbicide différent, de pulvériser un autre produit par un second passage de la machinerie ou de modifier complètement le programme des traitements herbicides. La principale crainte soulevée par toutes ces ripostes est de voir apparaître une multirésistance, comme cela s'est produit en Ontario avec l'amarante et au Manitoba avec la sétaire verte.

La résistance vient de ce que l'on se fie trop aux herbicides pour maîtriser les mauvaises herbes. Le simple fait de changer d'herbicides risque de ne pas constituer une solution viable à long terme, si l'on ne change pas en même temps la façon d'envisager globalement la lutte contre les mauvaises herbes. La gestion de la résistance dépend de bien des facteurs, comme le choix d'herbicides, les types de cultures et le genre d'infestation.

Devant un cas de résistance, que faire? En l'absence d'une résistance, comment en prévenir l'apparition? Les réponses à ces questions sont essentiellement les mêmes. Voici des conseils sur la façon de gérer la résistance.

- Éviter d'utiliser le même herbicide ou des herbicides appartenant au même groupe dans le même champ, deux années d'affilée.

- Ne pas utiliser d'herbicides ayant le même mode d'action plus d'une fois par saison. (Les traitements de sauvetage doivent être faits avec un herbicide d'un groupe différent.)

- Utiliser des mélanges en cuve lorsque deux produits ou plus donnent de bons résultats contre la mauvaise herbe combattue et que les produits ont des modes d'action différents.

- Recourir à la rotation des cultures, car le simple changement d'herbicides ne suffit pas. L'utilisation de différentes cultures élargit le choix des herbicides à employer et des méthodes de travail du sol permettant de lutter contre les mauvaises herbes. Certaines cultures livrent aussi une concurrence plus féroce aux mauvaises herbes.

- Gérer efficacement les échappées de mauvaises herbes. Noter les tendances, les réussites et les échecs.

- Utiliser de la semence propre. Nettoyer le matériel avant de passer d'un champ à un autre.

- Dans la mesure du possible, recourir au sarclage, aux cultures de couverture ou à d'autres pratiques visant à contrer la levée des mauvaises herbes.

LA LUTTE INTÉGRÉE POUR LA GESTION DE LA RÉSISTANCE

Les méthodes permettant de retarder l'apparition des résistances, comme les mélanges d'herbicides et les rotations ont un effet maximal si elles sont comprises dans un programme de lutte intégrée. Un tel programme repose sur l'utilisation combinée, de manière optimale, de tous les outils de lutte contre les mauvaises herbes, afin de maîtriser les peuplements de mauvaises herbes tout en maintenant le caractère économique de la production. Dans la lutte intégrée, les mesures de lutte culturale et mécanique sont complétées par des mesures de lutte chimique.

Les méthodes de lutte mécanique comprennent le sarclage des entre-rangs ou d'autres forme de travail du sol. Les méthodes culturales peuvent contribuer dans une large mesure à réduire l'emploi des herbicides. Elles comprennent le choix de cultivars ou d'hybrides qui livrent une concurrence plus vive aux mauvaises herbes, des semis sur des rangs serrés ou le recours à une culture de couverture. La rotation des cultures peut aussi aider considérablement à prévenir l'apparition d'une résistance. Le fait d'ajouter du blé à une rotation maïs-soya peut, par exemple, ouvrir la voie à de nouveaux modes de lutte contre les mauvaises herbes. Le fait de semer une culture qui lève à un moment différent et qui se prête à une gestion tout à fait différente de celles du maïs et du soya peut contribuer à déstabiliser les peuplements de mauvaises herbes. Ces dernières ont plus de difficulté à s'adapter lorsque les pratiques de gestion changent.

EN RÉSUMÉ

Les herbicides sont des outils très importants de lutte contre les mauvaises herbes. Ils assurent une lutte efficiente et économique et doivent être perçus comme des ressources à protéger. Si on en abuse, le phénomène de la résistance les rendra inefficaces. Cela est d'autant plus vrai dans le cas des herbicides du groupe 2, en raison de leurs nombreuses caractéristiques intéressantes, comme les faibles doses d'emploi, la faible toxicité et la grande efficacité. Si l'on adopte un programme de lutte intégrée, on peut tenir les mauvaises herbes en échec en recourant aux herbicides, mais aussi aux autres méthodes de lutte. On fait alors en sorte de réduire la pression que les herbicides exercent sur les mauvaises herbes combattues.

POUR PLUS D'INFORMATION

- International Survey of Herbicide-Resistant Weeds mis à jour par Ian Heap.
  http://www.weedscience.com/
- Herbicide Resistance Action Committee (HRAC)
  http://plantprotection.org/HRAC/
- Weed Science Society of America (WSSA)
  http://ext.agn.uiuc.edu/wssa/index.html

Nous remercions le Secrétariat d'État pour sa contribution financière à la réalisation de la présente fiche technique

Cette fiche a été rédigée par **Hugh Martin**, MAAARO, spécialiste de la lutte contre les mauvaises herbes, **François Tardif**, Université de Guelph, Département de Phytotechnie, et **Gabrielle Ferguson**, GABE Consulting.

NOTES PERSONNELLES

POD
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 01-023)